

Proposition de Sujet de thèse 2017⁸

(1 page recto maximum)

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :
CNRM - UMR 3589

Titre du sujet proposé :

Amélioration des paramétrisations des propriétés radiatives des nuages dans le modèle atmosphérique Méso-NH

Nom et statut (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :

Quentin Libois (IPEF)
Christine Lac (ICPEF)
Benoît Vié (IPEF)

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

05 61 07 96 91 ; quentin.libois@meteo.fr
05 61 07 98 42 ; christine.lac@meteo.fr

Résumé du sujet de la thèse

Les flux radiatifs solaire et infrarouge entre l'atmosphère et la surface constituent un élément essentiel de la dynamique du climat. Ils impactent la température et l'évaporation en surface, mais également le bilan d'énergie de l'atmosphère et donc sa dynamique. Dans les modèles numériques de prévision du temps ou de climat, ces flux dépendent des caractéristiques de l'atmosphère, principalement la température, les **caractéristiques propriétés** des nuages et des aérosols, et les concentrations en gaz radiativement actifs. L'effet radiatif des nuages est conséquent, mais il est difficile à simuler, tant du fait de la géométrie complexe des nuages (effets radiatifs 3D (Hogan *et al.*, 2016), hétérogénéité horizontale sous-maille etc.) que des échelles microscopiques auxquelles ont lieu les interactions entre nuages et rayonnement. L'effet radiatif des nuages dépend en effet principalement de leurs propriétés microphysiques (distribution de tailles des particules nuageuse, forme des cristaux dans le cas des nuages glacés), quantités qui ne sont généralement pas simulées explicitement par les modèles atmosphériques. Par conséquent, les propriétés radiatives des nuages repose **nt** sur des paramétrisations permettant d'estimer la taille effective des particules de nuages et d'en déduire leurs propriétés optiques (e.g. Martin *et al.*, 1994 ; Slingo, 1989). Dans le modèle Méso-NH (Lafore *et al.*, 1998) la paramétrisation par défaut détermine le diamètre effectif des gouttelettes de nuages liquides à partir du contenu en eau et d'une concentration en noyaux de condensation supposée constante sur les continents et au-dessus des océans. Cette paramétrisation repose sur une campagne de mesures dédiée aux stratocumulus chauds, mais elle est en pratique utilisée pour tout type de nuage. Quant aux nuages de glace, leurs propriétés optiques reposent sur des hypothèses de forme idéalisée des cristaux, bien que des travaux récents ont montré la forte sensibilité des propriétés optiques des cristaux à leur géométrie (Yang *et al.*, 2013). De manière générale, un grand nombre de paramétrisations des propriétés radiatives des nuages sont disponibles dans Méso-NH, mais il est difficile de savoir lesquelles sont les plus appropriées.

L'objectif de cette thèse est d'évaluer les performances du modèle Méso-NH pour la simulation des flux radiatifs en conditions nuageuses, et d'améliorer la représentation de l'effet radiatif des nuages. L'évaluation se fera en confrontant des simulations Méso-NH à résolution kilométrique à des mesures *in situ* (e.g. BSRN, SIRTa) et à des observations satellite (e.g. CERES). Les paramétrisations actuelles des propriétés optiques seront réévaluées au regard des travaux théoriques et expérimentaux publiés au cours des 15 dernières années. Une différenciation des types de nuages permettra d'établir des

paramétrisations dépendant de la nature des nuages. Un effort particulier sera mis en œuvre pour rendre cohérent la représentation des nuages dans le schéma microphysique à deux moments LIMA (Vié *et al.*, 2016) et dans le code radiatif ECRAD récemment implémenté dans Méso-NH (Hogan et Bozzo, 2016). La paramétrisation des effets radiatifs 3D des nuages sera abordée avec les outils disponibles dans ECRAD, qui permettent de tenir compte de la taille effective des nuages et des hétérogénéités sous-maille. L'impact des différentes paramétrisations sur la dynamique générale du modèle et les rétroactions qui impliquent le rayonnement seront étudiés en détail.

Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Ces travaux nécessiteront une bonne connaissance des processus physiques de l'atmosphère en général, et du transfert radiatif en particulier. La comparaison de simulations numériques à des observations demande des compétences en manipulation et analyse de données d'origines variées. Il s'agira ensuite de proposer de nouvelles paramétrisations à implémenter dans Méso-NH, ce qui nécessitera une bonne connaissance du langage de programmation Fortran. L'interaction avec l'équipe de recherche spécialisée sur la microphysique sera forte car la bonne représentation des caractéristiques physiques des nuages est une condition nécessaire à une simulation réaliste de leurs propriétés radiatives.

Références bibliographiques

Hogan, R. J., & Bozzo, A. (2016). *ECRAD: A new radiation scheme for the IFS*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

Hogan, R. J., Schäfer, S. A., Klinger, C., Chiu, J. C., & Mayer, B. (2016). Representing 3-D cloud radiation effects in two-stream schemes: 2. Matrix formulation and broadband evaluation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(14), 8583-8599.

Lafore, J. P., Stein, J., Asencio, N., Bougeault, P., Ducrocq, V., Duron, J., ... & Pinty, J. P. (1997, December). The Meso-NH atmospheric simulation system. Part I: Adiabatic formulation and control simulations. In *Annales geophysicae* (Vol. 16, No. 1, pp. 90-109). Springer-Verlag.

Martin, G. M., Johnson, D. W., & Spice, A. (1994). The measurement and parameterization of effective radius of droplets in warm stratocumulus clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 51(13), 1823-1842.

Slingo, A. (1989). A GCM parameterization for the shortwave radiative properties of water clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 46(10), 1419-1427.

Vié, B., Pinty, J. P., Berthet, S., & Leriche, M. (2016). LIMA (v1. 0): A quasi two-moment microphysical scheme driven by a multimodal population of cloud condensation and ice freezing nuclei. *Geoscientific Model Development*, 9(2), 567.

Yang, P., Bi, L., Baum, B. A., Liou, K. N., Kattawar, G. W., Mishchenko, M. I., & Cole, B. (2013). Spectrally consistent scattering, absorption, and polarization properties of atmospheric ice crystals at wavelengths from 0.2 to 100 μ m. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 70(1), 330-347.